Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 9, No. 1, 2018, p. 177-191
DOI: 10.22067/ijpr.v9i1.56037

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۹ شمارۀ۱، نیمۀ اول ۱۳۹۷، صفحۀ ۱۹۱-۱۷۷

# تأثیر تنش خشکی انتهای فصل و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط با جو بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود و باقلا

سیدحسام نیک‌سیرت[1]، احسان بیژن‌زاده[2]* و روح‌اله نادری[2]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بخش اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی داراب، دانشگاه شیراز
۲- دانشیار بخش اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۰۶

## چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی انتهای فصل و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط با جو بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود و باقلا آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شیراز اجرا شد. در این آزمایش تنش خشکی به‌عنوان فاکتور اصلی (آبیاری مطلوب و تنش خشکی در مرحله شیری‌شدن دانه جو) و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط (کشت خالص نخود، باقلا، جو نیمروز و جو زهک و کشت مخلوط جو نیمروز+ نخود، جو نیمروز+ باقلا، جو زهک+ نخود و جو زهک+ باقلا با نسبت ۱ به ۱) به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج نشان داد که تنش خشکی انتهای فصل صفات تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه و عملکرد دانه را در گیاه نخود به‌ترتیب به میزان‌های ۴۰، ۱۶ و ۵۷درصد و در گیاه باقلا به‌ترتیب به میزان ۳۲، ۱۸ و ۴۰درصد کاهش داد. در گیاه نخود بیشترین عملکرد زیستی و عملکرد دانه به‌ترتیب با ۹۹۱۶ و ۱۶۳۰کیلوگرم در هکتار در تیمار کشت خالص نخود و بیشترین میزان وزن۱۰۰دانه با ۲۵/۵گرم و شاخص برداشت با ۲۹/۸۵درصد در تیمار کشت مخلوط جو نیمروز+نخود به‌دست آمد. در گیاه باقلا بیشترین میزان عملکرد زیستی و عملکرد دانه به‌ترتیب به میزان ۱۱۹۶۰ و ۵۱۷۵کیلوگرم در هکتار در تیمار کشت خالص باقلا و بیشترین شاخص برداشت با ۴۵/۵۸درصد در تیمارهای کشت مخلوط جو زهک+باقلا به‌دست آمد. بیشترین میزان نسبت برابری زمین ارقام جو، نخود و کل در تیمار کشت مخلوط جو زهک+نخود به‌ترتیب به میزان‌های ۰/۵۷، ۰/۸۳ و ۱/۴ و در گیاه باقلا در تیمار جو زهک+باقلا به میزان ۰/۵۱ در شرایط تنش خشکی به‌دست آمد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت در شرایط تنش خشکی انتهای فصل رشد استفاده از نظام‌های کشت مخلوط نخود-جو و باقلا-جو راه حل مناسبی برای تولید بالاتر و پایدارتر این گیاهان نسبت به کشت خالص آنها می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** جو دوردیفه، جو شش‌ردیفه، قطع آبیاری، نسبت برابری زمین

## مقدمه

حبوبات از عمده‌ترین منابع پروتئین در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب شده و نقش عمده‌ای در اقتصاد این مناطق دارند و با توجه به هزینه بالای تولید پروتئین حیوانی بخش زیادی از پروتئین مورد نیاز این مناطق از منابع گیاهی به خصوص خانواده حبوبات تأمین می‌گردد. درحال‌حاضر قسمت اعظم تولید حبوبات با عملکرد بالقوه پایین ارقام کنونی، اتخاذ روش‌های نامناسب تولید و همچنین وقوع تنش‌های زیستی و غیرزیستی طی فصل رشد، با نوسانات زیادی روبه‌رو می‌باشد. تنش کمبود آب عمده‌ترین عامل محدودکننده رشد و نمو گیاهان زراعی از جمله حبوبات در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است (Koocheki, 1997; Tesfaye, 2006). ایران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده حبوبات، با میانگین بارندگی ۲۵۰میلی‌متر در سال جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شود (Saman *et al.*, 2010). در این شرایط تنش خشکی به‌خصوص در زمان تشکیل غلاف و پُرشدن دانه‌ها از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد این گیاهان محسوب می‌شود (Tesfaye *et al.*, 2006). کشت مخلوط یک روش گسترده و قدیمی در سیستم‌های کشت کم نهاده در بسیاری از مناطق دنیا می‌باشد و عبارت است از رشد دو یا چند گونه زراعی به‌صورت همزمان در یک مزرعه در طول فصل رشد (Anil *et al.*, 1998). سیستم‌های کشت مخلوط به خصوص کشت مخلوط غلات-حبوبات فواید متعددی از قبیل عملکرد کل بیشتر و کارآیی استفاده بهتر از زمین (Dhima *et al.*, 2007)، پایداری عملکرد سیستم‌های کشت (Lithourgidis *et al.*, 2007)، استفاده بهتر از نور، آب و

*نویسنده مسئول: bijanzd@shirazu.ac.ir

عناصر غـذایی (Javanmard *et al.*, 2009) و بهبـود حفاظـت خاک (Anil *et al*., 1998; Vasilakouglou *et al.*, 2008) دارند. یکی از دلایل افزایش عملکرد در چنین سیستم‌هایی این است که گونه‌های کشت‌شده در کشت مخلوط از منابع یکسانی در یک آشیان اکولوژیک استفاده نمی‌کننـد و در نتیجـه منـابع قابل‌دسترس ماننـد آب، عناصـر غـذایی و تشعشـع خورشـید را بـه‌صـورت مکمـل جـذب مـی‌کننـد (Wang *et al*., 2014; Brooker *et al*., 2015). در زراعت مخلوط که دو یا چند گیاه در مجاورت یکدیگر رشد می‌کنند، ممکـن اسـت بـه دلایلـی از قبیـل متفـاوت‌بـودن مورفولـوژی گیاهـان و یـا گریـزان‌بـودن ریشه‌های گونه‌های مختلف از یکدیگر، میـزان رقابـت بـرای آب کاهش یابد (Mazaheri, 1998). ترکیب گیاهان زراعی ماننـد نخود-جو و باقلا-جو تفاوت عمـده‌ای در عـادات رشـد و الگـوی توسعه سایه‌انداز دارند که این ویژگی‌ها می‌تواند در بهینه‌سـازی تسخیر منابع و کاهش رقابت نقش داشته باشد. Daneshnia *et al*, (2015) در آزمایشی که به بررسی اثر کـم‌آبیـاری و کشـت مخلـوط بـر عملکـرد علوفـه شـبدر برسـیم (*Trifolium alexandrinum* L.) و ریحـان (*Ocimum basilicum* L.) انجام دادند، گزارش کردنـد کـه کـاهش آبیـاری باعـث کـاهش وزن‌خشک ریحان شد و بیشترین وزن‌خشک کل در تیمار کشت مخلوط شبدر+ریحان به‌دست آمد. در آزمایشی مشخص شد که کشت مخلوط ذرت و لوبیـا باعـث افـزایش کـارآیی مصـرف آب نسبت به کشت خالص لوبیا و کاهش آن نسبت به کشت خالص ذرت شد و میزان نسبت برابری زمین در کشت‌های مخلوط بین ۱/۰۶ تا ۱/۸۶ بود (Tsubo *et al*., 2003).

Rezvani moghadam & Moradi (2013) در بررسی کشت مخلوط زیره سـبز (*Cuminum cyminum*) و شـنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) نشان دادند که تعـداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غـلاف، عملکـرد زیسـتی، عملکـرد دانه در کشت خالص شنبلیله بیشتر از کشت مخلوط این گیـاه به‌دست آمد. ایـن در حـالی بـود کـه میـزان شـاخص LER در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از ۱ بوده و بیـانگر برتـری سیستم‌های کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دو گیاه است. Gholinezhad & Rezaei-Chiyane (2014) در کشـت مخلوط نخود (*Cicer arietinum* L.) با سـیاهدانه (*Neglla sativa* L.) به این نتیجه رسـیدند کـه تعـداد غـلاف در بوتـه، وزن‌۱۰۰۰دانه، عملکرد زیستی و عملکرد دانه در کشت خـالص بیشتر از سایر تیمارها بـه‌دسـت آمـد. Jenani- oskoii *et al*, (2015) در آزمایشی که بـر روی کشـت مخلـوط ذرت و سـویا انجام دادند به این نتیجه رسیدند که بیشترین تعـداد غـلاف در بوته، تعداد دانه در بوتـه، عملکـرد دانـه و عملکـرد زیسـتی در تیمارهای کشت خالص سویا به‌دست آمد. نظر به این که میزان نزولات جوی و همچنین ذخایر آب‌های زیرزمینی در ایران و به خصوص شهرستان داراب رو به کاهش اسـت، تـأمین آب مـورد نیاز در اواخر مرحله رشد حبوبات با مشکل روبـرو مـی‌شـود. بـا توجه به اهمیت تنش خشکی آخر فصل در منطقه داراب هـدف از این پژوهش دستیابی به مناسب‌ترین سیستم کشت و ترکیب کشت نخود، باقلا با جو در راستای تولید پایـدارتر ایـن گیاهـان در شرایط کمبود آب در اواخر فصل رشد بود.

## مواد و روش‌ها

ایـــن آزمـــایش در ســـال زراعـــی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعـــه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منـابع طبیعـی داراب، دانشـگاه شیراز با موقعیت عرض جغرافیایی ۲۸درجه ۵۰دقیقه شـمالی و طـول جغرافیـایی ۵۴ درجـه و ۳۰ دقیقـه شـرقی و بـا ارتفـاع ۱۱۸۰متری از سطح دریا با میزان بارنـدگی ۱۹۴میلـی‌متـر در طول سال انجام شد. این آزمایش به‌صورت کرت‌هـای خردشـده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکـرار اجـرا شـد. برخی خصوصیات آب و هوایی منطقه و خصوصـیات فیزیکـی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش در جدول‌هـای ۱ و ۲ آورده شده است. فاکتورهای مورد مطالعه شامل تـنش خشـکی در دو سطح آبیاری مطلـوب (I1) و قطـع آبیـاری در ابتـدای مرحلـه شیری‌شدن (ZGS 71) دانه جو (I2) به‌عنوان عامل کرت‌هـای اصلی و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط شامل: کشت خـالص ارقام جو (*Hordeum vulgare* L.) دوردیفه رقم نیمروز(H2)، جو شش‌ردیفه رقـم زهـک (H6)، نخـود (*Cicer arietinum* L.) رقم آزاد (C) و باقلا (*Vicia faba* L.) رقم سرازیری (V) و کشت مخلوط ردیفی شامل: جـو نیمروز+نخـود (H2C)، جـو زهک+نخود (H6C)، جو نیمروز+باقلا (H2V) و جو زهک+باقلا (H6V) با نسبت ۱ به ۱ به روش جایگزینی و بـه‌صـورت یـک ردیف‌درمیان به‌عنوان کرت‌های فرعی بودند. اندازه کرت‌ها ۶متر مربع، فاصله کرت‌هـای اصـلی از یکـدیگر ۴متـر و فاصـله بـین کرت‌های فرعی و بلوک‌ها از یکدیگر ۱متـر بـود. در هـر یـک از کرت‌های فرعی ۸ردیف کاشت با فاصله ۳۰سانتی‌متر ایجاد شد. تراکم کاشت برای ارقام جو ۴۰۰بوته در متر مربع و برای نخـود و باقلا ۴۰بوته در متر مربع بود.

میزان آب مورد نیاز برای هر کرت بر اساس ظرفیت زراعی خاک مزرعه (۱۴/۵درصد وزنی) به‌دست آمد. در این روش ابتدا قطعه زمینی به مساحت ۲مترمربـع مشـخص شـد و بـه شـکل حوضچه در آمد. سپس این حوضچه به‌طور سنگین آبیاری شـد و روی آن بـا پلاسـتیک پوشـانده شـد. پـس از قطـع آبیـاری و فروکش‌کردن آب، در فواصل زمانی هر ۶سـاعت یکبـار از عمـق

صفر تا یک‌متری توسعه ریشه نمونه‌برداری کرده و مقدار رطوبت آن به روش وزنی اندازه‌گیری شد. این عمل آن‌قدر ادامه داده شد تا سرانجام مقدار رطوبت در دو اندازه‌گیری پشت‌سرهم تقریباً با هم برابر شدند که این مقدار رطوبت بر اساس فرمول زیر برابر با رطوبت ظرفیت زراعی می باشد:

۱۰۰ × [(وزن خاک خشک/(وزن خاک خشک –وزن خاک تر) ] =مقداررطوبت در ظرفیت زراعی

نیازآبی گیاه به‌صورت روزانه با استفاده از میانگین روزانه داده‌های پارامترهای هواشناسی ایستگاه هواشناسی حسن‌آباد داراب و با استفاده از روابط زیر محاسبه شد. مراحل محاسبه نیاز آبی به‌طور خلاصه به شرح زیر می‌باشد:

۱ - تبخیر- تعرق گیاه (ETc) در مراحل مختلف رشد گیاه با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$ET_c = K_c . ET_0$$

$ET_c$: تبخیر-تعرق گیاه (میلی‌متر در روز)، $ET_0$: تبخیر- تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر در روز) و $K_c$: ضریب گیاهی است.

تبخیر- تعرق گیاه مرجع $ET_0$ با استفاده از داده‌های روزانه پارامترهای هواشناسی ثبت‌شده در ایستگاه هواشناسی حسن آباد داراب به‌دست آمد.

۲- میزان آب آبیاری در هر دور آبیاری با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

$$IR = ETc\ (Ea \times LR)$$

IR: میزان آب آبیاری، Ea: راندمان مصرف آب، LR: میزان آبشویی.

در مجموع، میزان آب مصرفی برای تیمار آبیاری مطلوب با ۱۱دور آبیاری ۵۸۳۳مترمکعب در هکتار و برای تنش خشکی از اوایل شیری‌شدن دانه با ۸دور آبیاری ۴۷۹۱مترمکعب در هکتار بود. بر اساس نتایج آزمایش خاک مزرعه، تنها کودی که استفاده شد، کود اوره بر اساس ۶۵کیلوگرم در هکتار بود که به‌صورت سرک در دو مرحله کاشت و ساقه رفتن غلات به کرت‌ها اضافه شد.

**جدول ۱- داده‌های هواشناسی شهرستان داراب در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳**

**Table 1. Climatic data of Darab during 2014-2015 growing season**

| ماه‌ها **Months** | مهر **October** | آبان **November** | آذر **December** | دی **January** | بهمن **February** | اسفند **March** | فروردین **April** | اردیبهشت **May** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| حداقل دما Minimum Temperature ( °C) | 16.8 | 8.6 | 5.6 | 3.9 | 5.7 | 6.8 | 13.2 | 17.6 |
| حداکثر دما Maximum Temperature ( °C) | 33.9 | 25.1 | 20.3 | 19.1 | 20.9 | 20.3 | 27.3 | 34.7 |
| متوسط دما Average Temperature ( °C) | 25.3 | 16.8 | 12.9 | 11.5 | 13.3 | 13.5 | 20.3 | 26.1 |
| بارندگی Rainfall (mm) | 0.0 | 0.5 | 34.7 | 39.5 | 0.2 | 90.9 | 22.3 | 5.8 |
| تبخیر (mm) Evaporation | 6 | 3.4 | 2.4 | 2.4 | 2 | 3.5 | 4.2 | 7.2 |

**جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش**

**Table 2. Physical and chemical properties of the experimental soil**

| عمق خاک **Soil depth (cm)** | شن **Sand (%)** | رس **Clay (%)** | سیلت **Silt (%)** | کربن الی **O.C (%)** | اشباع بازی **BS (%)** | قابلیت هدایت الکتریکی **ECe (dS m⁻¹)** | اسیدیته **(pH)** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-15 | 40.16 | 18.76 | 41.10 | 0.04 | 8.88 | 2.64 | 7.54 |
| 15-30 | 40.16 | 18.60 | 41.30 | 0.04 | 8.93 | 1.59 | 7.64 |
| عمق خاک Soil depth (cm) | نیتروژن N (%) | فسفر P (mg $kg^{-1}$) | پتاسیم K (mg $kg^{-1}$) | آهن Fe (mg $kg^{-1}$) | مس Cu (mg $kg^{-1}$) | روی Zn (mg $kg^{-1}$) | منگنز Mn (mg $kg^{-1}$) |
| 0-15 | 0.16 | 52 | 150 | 4.11 | 1.70 | 1.48 | 4.87 |
| 15-30 | 0.16 | 60 | 100 | 7.30 | 1.63 | 1.70 | 1.91 |

مزیت نسبی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از طریق نسبت برابری زمین و با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود. این معیار مشخص می‌کند که برای به‌دست‌آوردن مقدار عملکردی که از یک هکتار کشت مخلوط حاصل می‌شود، چه مقدار زمین به‌صورت زراعت کشت خالص مورد نیاز است تا همان عملکرد به‌دست آید (Banik *et al.*, 2006).

رابطه (۱) نسبت برابری زمین $LER = \left(\frac{Yil}{Yml}\right) + \left(\frac{Yic}{Ymc}\right)$

در ایــن مطالعــه Yil عملکــرد نخــود و بــاقلا در کشــت مخلـوط، Yml عملکـرد نخـود و بـاقلا در کشـت خـالص، Yic عملکرد ارقام جو در کشت مخلوط، Ymc عملکرد ارقام جـو در کشت خالص می‌باشد.

نمونه‌برداری در مرحله رسـیدگی گیاهـان زراعـی از یـک مترمربع در تاریخ ۱۵اردیبهشت برای گیاه جـو، ۲۳اردیبهشـت برای نخود و ۲اردیبهشت۱۳۹۴ برای گیـاه بـاقلا بـرای تعیـین عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان زراعـی انجـام گردیـد. پـس از برداشـت صـفات تعـداد غـلاف در بوتـه، تعـداد دانـه در بوتـه، وزن۱۰۰دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشـت و شـاخص نسـبت برابـری زمـین بـرای گیـاه نخـود و بـاقلا انـدازه‌گیـری شـد. داده‌هـای آزمـایش بـا اسـتفاده از نـرم‌افـزار MSTATC ver2.10(1991) تجزیـه شـدند. آزمـون مقایسـه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

### تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس تعداد غـلاف در بوتـه نخـود و بـاقلا نشان داد که تیمارهای تـنش خشـکی و ترکیـب‌هـای مختلـف کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر تعداد غلاف نخود داشـتند. ایـن در حالی است که این تیمارها اثر معنی‌داری بر تعداد غـلاف در بوته باقلا نداشتند (جدول ۳). اعمـال تیمـار تـنش خشـکی در ابتدای دوره شیری‌شدن جو صورت گرفـت کـه در ایـن مرحلـه گیاه باقلا گلـدهی خـود را بـه اتمـام رسـانده بـود و در مرحلـه تشکیل غلاف و دانه‌بندی قرار داشـت و گیـاه نخـود در ابتـدای گلدهی خود قرار داشت. تاریخ گلدهی زودتر در گیاه باقلا باعث شد تا گرده‌افشـانی ایـن گیـاه بـا اعمـال تیمـار تـنش خشـکی همزمان نشود و به‌همین دلیل تعداد غلاف در ایـن گیـاه تحـت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفت. در مقابل گیـاه نخـود در زمـان گلدهی با تنش خشکی مواجه شد و همین موضوع باعث ریزش گل‌ها شد و تعداد غلاف در شرایط آبیاری مطلوب از ۲۳/۹غلاف به ۱۵/۲غلاف در شرایط تنش خشکی رسید (جـدول ۴). تـنش خشکی در مرحله دانه‌بندی کمترین اثر را بر تعداد غلاف دارد و عمدتاً بر وزن دانه تأثیر مـی‌گـذارد (Gangeali & Nezami, 2010). Amiri Deh Ahmadi *et al*,. (2010) در آزمایشـی اثر تنش خشکی در مراحـل مختلـف فنولوژیـک گیـاه نخـود را بررسی و گزارش کردند که بیشترین کاهش تعداد غلاف در اثـر تنش خشکی در مرحله گلدهی به‌دست آمـد. بیشـترین تعـداد غلاف در بوته گیاه نخود در کشت خالص نخود بـا ۲۱/۸۶غـلاف در بوته به‌دست آمد (جـدول ۴). نتـایج ایـن مطالعـه بـا نتـایج آزمایشـات Hamzei & Seyedi (2013) در کشـت مخلـوط نخود و جو و Undie *et al*, (2012) در کشت مخلـوط ذرت و سویا مشابه می‌باشد. این محققـان علـت کـاهش تعـداد غـلاف نخود و سویا در تیمارهای کشت مخلوط را وجود رقابـت شـدید در جذب منابع و کاهش منـابع محیطـی در دسـترس گیاهـان گزارش کردند.

### تعداد دانه در بوته

نتایج تجزیه واریانس تعداد دانه در بوته نخود و باقلا نشان داد که تنها تیمار تنش خشکی اثـر معنـی‌داری بـر ایـن صـفت داشت و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۳). تعداد دانه در بوتـه نخـود و بـاقلا در شرایط آبیاری مطلوب به‌ترتیـب ۲۳/۶۸ و ۱۸/۶۱دانـه در بوتـه به‌دست آمد که پس از اعمال تنش خشکی این میزان بـه ۱۴/۱ و ۱۲/۴۹دانه رسید که نسبت به شرایط آبیاری مطلوب کـاهش معنی‌دار ۴۰/۵ و ۳۲/۹درصدی داشتند (جداول ۴ و ۵). کـاهش میزان آب مورد نیاز در هنگام رشد رویشی باعـث کـاهش رشـد عمومی و طـول دوره رشـد گیـاه و تشـکیل تعـداد دانـه کمتـر می‌شود و از طرف دیگر کمبود مواد قابل انتقال در تیمار تـنش خشکی در مرحله رویشی باعث تشـکیل‌نشـدن دانـه در غـلاف مـی‌شـود (Zhu, 2004). Amiri Deh Ahmadi *et al*, (2010) گزارش کردند که تنش خشـکی باعـث کـاهش تعـداد دانه در بوته نخود شد و بیشترین کاهش در زمان اعمـال تـنش خشکی در مرحله گلدهی به‌دست آمد. آنها دلیل کاهش تعـداد دانه را عدم تأمین مـواد فتوسـنتزی لازم بـرای رشـد جنـین و تکامل بذر گزارش کردند.

### وزن۱۰۰دانه

نتایج تجزیه واریـانس وزن۱۰۰دانـه نشـان داد کـه تـنش خشکی اثر معنی‌داری بر وزن۱۰۰دانـه نخـود و بـاقلا داشـت و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط تنها بر وزن۱۰۰دانه نخود اثر معنی‌داری داشتند (جـدول ۳). وزن۱۰۰دانـه نخـود و بـاقلا در شرایط آبیاری مطلوب به‌ترتیب ۲۵/۷ و ۱۰۵/۲گرم به‌دست آمد که این میزان پس از اعمال تنش خشکی به ۲۱/۷ و ۸۶/۳گـرم رسید که با شرایط آبیـاری مطلـوب اخـتلاف معنـی‌دار ۱۵/۵ و ۱۸درصدی داشتند (جداول ۴ و ۵).

محدودیت رطوبت در زمان گلدهی و غـلاف‌دهـی موجـب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه چروکیده‌شدن دانه‌ها می‌شود. فراهم‌کردن رطوبت در مرحله گلـدهی باعـث طـولانی ترشدن دوره پُرشدن دانـه شـده و در نتیجـه مـواد فتوسـنتزی بیشتری برای اختصاص به دانه‌ها فـراهم مـی‌شـود (Ullah *et al*., 2002).

**جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تنش خشکی و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر تعداد غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت گیاه نخود و باقلا.**

**Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for drought stress and different combination of intercropping of number of pods, number of seed in plant, 100- seed weight, biological yield, grain yield and harvest index of chickpea and faba bean.**

| S.O.V | درجه آزادی df | میانگین مربعات (Mean of Squares) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد غلاف در بوته Number of pods/plant | | تعداد دانه در بوته Number of seeds/plant | | وزن ۱۰۰ دانه 100 seeds weight | | عملکرد زیستی Biological yield | | عملکرد دانه Grain yield | | شاخص برداشت Harvest index | |
| | | نخود Chickpea | باقلا Faba bean | نخود Chickpea | باقلا Faba bean | نخود Chickpea | باقلا Faba bean | نخود Chickpea | باقلا Faba bean | نخود Chickpea | باقلا Faba bean | نخود Chickpea | باقلا Faba bean |
| تکرار Replication | 2 | 8.1 ns | 0.3 ns | 37 ns | 16.9 ns | 47 ns | ns 243 | 0.8 ns | 42 ns | 0.5 ns | 2.9 ns | 0.2 ns | 17.3 ns |
| تنش خشکی Drought stress (A) | 1 | 342 ** | 3.1 ns | 412 ** | 168 * | 712 * | 16036 ** | 520 ns | 5104 * | 1843 ** | 11.9 ** | 446 ** | 363 ** |
| خطای آ Error A | 2 | 6.2 | 0.3 | 9.4 | 13.1 | 36.5 | 111 | 791 | 232 | 0.45 | 1.9 | 7.5 | 5.3 |
| ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط Different combination of intercropping (B) | 2 | 38.9 * | 0.1 ns | 32 ns | 18.5 ns | 352 ** | 686 ns | 885393 ** | 101795 ** | 956 ** | 16085 ** | 297 ** | 48 ** |
| A×B | 2 | 16.4 * | 0.4 ns | 7.9 ns | 20.7 ns | 43 ns | 13.2 ns | 79.3 ns | 920 ns | 464 ** | 2001 ** | 33 ** | 48.6 ** |
| خطای ب Error B | 8 | 8.8 | 0.3 | 11 | 15.1 | 25.4 | 603 | 417 | 379 | 5.7 | 34.5 | 1.5 | 6.1 |
| CV (%) | | 15.2 | 13.9 | 17.5 | 25 | 6.71 | 8.1 | 11.6 | 10.2 | 16.5 | 15.7 | 5.6 | 6.2 |

ns، * و** به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال 5 و 1 درصد می‌باشند.

ns, * & **: non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

به‌طور کلی بیشترین وزن۱۰۰دانه نخود در کشت مخلوط جو نیمروز + نخود با ۲۵/۵گرم و کمترین میزان در کشت خالص نخود با ۲۱گرم به‌دست آمد (جدول ۴). پلکانی‌بودن سایه‌انداز تیمارهای کشت مخلوط می‌تواند باعث افزایش جذب نور توسط پوشش گیاهی و در نتیجه افزایش تولید مواد فتوسنتزی و اختصاص آنها به دانه‌ها شود (Banik *et al.*, 2006). از طرف دیگر پایین‌تربودن تعداد غلاف نخود در کشت مخلوط جو نیمروز+نخود و جو زهک+نخود نسبت به کشت خالص نخود (جدول ۴) باعث شده تا میزان مواد فتوسنتزی تولیدشده در گیاه در اختیار تعداد مخازن کمتری قرار گیرد و وزن۱۰۰دانه در اثر این تیمارها افزایش یابد. در آزمایش دیگری که بر روی کشت مخلوط نخود و جو در رقابت با علف‌های‌هرز انجام شد، بیشترین وزن۱۰۰دانه در هر دو شرایط عاری از علف هرز در نتیجه آلوده به علف‌هرز در تیمارهای کشت مخلوط به‌دست آمد (Hamzei *et al*., 2012).

**عملکرد زیستی**

نتایج تجزیه واریانس عملکرد زیستی نشان داد که ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر عملکرد زیستی نخود و باقلا داشت و تنش خشکی تنها بر روی گیاه باقلا اثر معنی‌دار داشت (جدول ۳). عملکرد زیستی باقلا در شرایط آبیاری مطلوب ۷۷۳۸کیلوگرم در هکتار بود که این میزان پس از اعمال تنش خشکی انتهای فصل به ۶۶۷۳کیلوگرم در هکتار رسید که با شرایط آبیاری مطلوب اختلاف معنی‌دار ۱۳/۷درصدی داشت (جدول ۴). با کاهش رطوبت، فتوسنتز جاری در گیاهان کاهش می‌یابد و در نتیجه در این شرایط سهم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره‌شده در ساقه‌ها و برگ‌ها افزایش می‌یابد (Foulkes & Sylvester-Bradley, 2002). تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار تعداد غلاف و دانه در گیاه نخود شد. این در حالی است که تعداد غلاف در باقلا تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفت (جداول ۴ و ۵). وجود مخازن برابر باقلا در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی باعث شد تا نقش انتقال مجدد در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط آبیاری مطلوب افزایش پیدا کند و باعث کاهش عملکرد زیستی باقلا شود. در آزمایشی که روی گیاه نخود انجام شد علت کاهش عملکرد زیستی در شرایط تنش خشکی، کاهش فتوسنتز جاری و کاهش شاخص سطح برگ بیان شد (Diallo *et al*., 2001). بیشترین عملکرد زیستی گیاه نخود و باقلا به‌ترتیب در کشت خالص نخود با ۹۹۱۶ و باقلا با ۱۱۹۶۰کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۴ و ۵). به‌طورکلی کشت خالص نخود و باقلا با توجه به تراکم بالاتر، از عملکرد زیستی بالاتری نسبت به تیمارهای کشت مخلوط برخوردار بودند. از طرف دیگر وجود رقابت بین‌گونه‌ای بین نخود و باقلا با ارقام جو نیمروز و زهک نیز عامل دیگر در کاهش عملکرد زیستی تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بود. Abdulahi *et al*, (2013) در کشت مخلوط نخود و گندم و Getachew *et al*, (2006) در کشت مخلوط باقلا با جو نتایج مشابهی را در کاهش عملکرد زیستی نخود و باقلا در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص نخود و باقلا گزارش کردند.

**عملکرد دانه**

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه نشان داد که برهمکنش تنش خشکی با ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد دانه نخود و باقلا معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه نخود و باقلا به‌ترتیب در کشت خالص نخود با ۲۲۶۶کیلوگرم در هکتار و کشت خالص باقلا با ۶۶۵۰کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری مطلوب به‌دست آمد و در شرایط تنش خشکی نیز بیشترین عملکرد دانه نخود و باقلا به‌ترتیب در تیمارهای کشت خالص نخود با ۹۹۳ و باقلا با ۳۷۰۰کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۱- الف و ب). به‌طورکلی بیشترین عملکرد دانه نخود و باقلا در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی با توجه به تراکم کشت بالاتر در تیمارهای کشت خالص به‌دست آمد و تیمارهای کشت خالص نسبت به کشت‌های مخلوط برتری داشتند.

پس از اعمال تنش خشکی عملکرد دانه در تمامی تیمارها کاهش یافت. بیشترین سهم کاهش عملکرد دانه مربوط به کشت خالص نخود با ۵۶درصد و باقلا با ۴۴درصد بود و کمترین کاهش عملکرد دانه نیز در کشت مخلوط جو زهک+نخود با ۲۲درصد و جو نیمروز+باقلا با ۳۱درصد به‌دست آمد. کاهش شدید عملکرد در کشت خالص نخود و باقلا بیانگر ثبات پایین‌تر این تیمارها در مقایسه با کشت مخلوط آنها با جو در شرایط کمبود آب می‌باشد و دلیل آن وجود رقابت درون گونه‌ای شدید بر سر جذب آب می‌باشد.

وجود رقابت درون‌گونه‌ای شدید در کشت خالص نخود و باقلا به‌دلیل توزیع یکسان ریشه‌ها در افق خاک و جذب آب از افق خاک یکسان می‌باشد. این درحالی است که در تیمارهای کشت مخلوط به‌دلیل متفاوت‌بودن ساختمان ریشه‌های دو گیاه، گریزان‌بودن ریشه دو گونه از یکدیگر و همچنین پوشش بهتر سایه‌انداز این تیمارها، احتمالاً از منابع آبی به نحو مناسب‌تری استفاده کرده و افت عملکرد کمتری داشتند (Mazaheri, 1998; Gregory et al., 2000).

**جدول ۴- مقایسه میانگین برخی صفات اندازه‌گیری‌شده نخود تحت تنش خشکی و ترکیب‌های مختلف کشت**

**Table 4. The mean comparison of measured chickpea traits under different drought stress and different combination of intercropping**

| صفات اندازه‌گیری‌شده<br>Measured traits | تنش خشکی<br>Drought stress (A) | | ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط<br>Different combination of intercropping (B) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | I1 | I2 | C | H2C | H6C |
| تعداد غلاف در بوته<br>Number of pods/plant | 23.9 a | 15.2 b | 21.86 a | 16.82 b | 19.97 ab |
| تعداد دانه در بوته<br>Number of seeds/plant | 23.7 a | 14.1 b | 17.93 a | 17.23 a | 21.51 a |
| وزن۱۰۰دانه<br>100 seeds weight (g) | 25.8 a | 21.7 b | 21 b | 25.5 a | 24.7 a |
| عملکرد زیستی<br>Biological yield (kg/ha) | 5744 a | 5404 a | 9916 a | 3101 b | 3705 b |
| عملکرد دانه<br>Grain yield (kg/ha) | 1488 a | 849 b | 1630 a | 941 b | 935 b |
| شاخص برداشت<br>Harvest index (%) | 29.6 a | 19.6 b | 16.62 c | 29.85 a | 27.4 b |

I1: آبیاری مطلوب، I2: تنش خشکی در مرحله شیری‌شدن دانه جو. C، H2C و H6C، به‌ترتیب کشت خالص نخود، کشت مخلوط جو نیمروز + نخود، جو زهک + نخود. میانگین های دارای حروف مشترک در هر تیمار برای هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح ۵درصد، دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

I1: Full irrigation, I2: Drought stress at milk development of barley grain .C, H2C and H6C were chickpea sole cropping, Nimrooz barley + chickpea and Zehak barley + chickpea intercropping, respectively.

Means with similar letters in each treatment for each traits have not significant difference (LSD's test P≤0.05).

**جدول ۵- مقایسه میانگین برخی صفات اندازه‌گیری‌شده باقلا تحت تنش خشکی و ترکیب‌های مختلف کشت**

**Table 5. The mean comparison of measured faba bean traits under different drought stress and different combination of intercropping**

| صفات اندازه‌گیری‌شده<br>Measured traits | تنش خشکی<br>Drought stress (A) | | ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط<br>Different combination of intercropping (B) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | I1 | I2 | V | H2V | H6V |
| تعداد غلاف در بوته<br>No. of pods/plant | 4.30 a | 3.47 a | 3.94 a | 3.73 a | 4 a |
| تعداد دانه در بوته<br>No. of seeds/plant | 18.61 a | 12.49 b | 15.62 a | 13.76 a | 17.27 a |
| وزن۱۰۰دانه<br>100 seeds weight (g) | 105.2 a | 86.30 b | 96.70 a | 98.60 a | 92 a |
| عملکرد زیستی<br>Biological yield (kg/ha) | 7738 a | 6673 b | 11960 a | 4909 b | 4748 b |
| عملکرد دانه<br>Grain yield (kg/ha) | 4100 a | 2474 b | 5175 a | 2253 b | 2433 b |
| شاخص برداشت<br>Harvest index (%) | 46.9 a | 37.9 b | 40.10 b | 41.63 ab | 45.58 a |

I1: آبیاری مطلوب، I2: تنش خشکی در مرحله شیری‌شدن دانه جو. V، H2V و H6V به‌ترتیب کشت خالص باقلا، کشت مخلوط جو نیمروز + باقلا و جو زهک + باقلا.

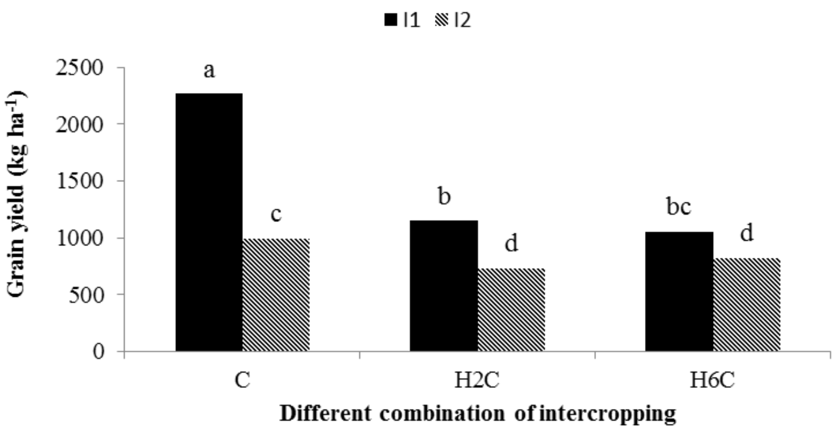
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر تیمار برای هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح ۵درصد، دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

I1: Full irrigation, I2: Drought stress at milk development of barley grain. V, H2V and H6V faba bean were sole cropping, Nimrooz barley + faba bean, Zehak barley + faba bean, intercropping, respectively.

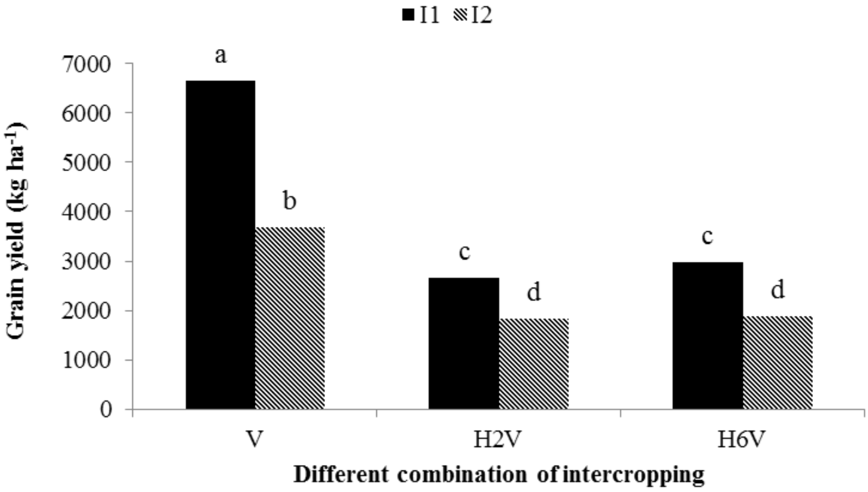
Means with similar letters in each treatment for each traits have not significant difference (LSD's test P≤0.05).

به طور کلی رقابت درون‌گونه‌ای به‌دلیل نیازهای مشترک بین گیاهان، قوی‌تر از رقابت بین‌گونه‌ای می‌باشد که در آن دو گیاه ممکن است نیازهای متفاوتی با یکدیگر داشته باشند (Javanshir *et al*., 2000). در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط نخود و جو صورت گرفت، عملکرد دانه کشت خالص نخود بیشتر از عملکرد دانه نخود در تیمارهای کشت مخلوط گزارش شد (Hamzei & Seyedi, 2014). در بررسی‌هایی که بر روی کشت مخلوط کشت مخلوط ذرت و لوبیا (Tsubo *et al*., 2003) و بادام زمینی و غلات (Ghosh, 2004) صورت گرفت، محققان گزارش کردند که کشت‌های مخلوط استفاده مناسب‌تری از آب و منابع دیگر داشته‌اند.

**(A)** (الف)




**(B)** (ب)




**شکل ۱- برهمکنش تنش خشکی و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد دانه نخود (الف) و باقلا (ب)**

I1: آبیاری مطلوب، I2: تنش خشکی در مرحله شیری‌شدن دانه جو. C، V، H2C، H6C ، H2V و H6V به‌ترتیب کشت خالص نخود و باقلا کشت مخلوط جو نیمروز+نخود، جو زهک+نخود، کشت مخلوط جو نیمروز+باقلا و جو زهک+باقلا.

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵درصد، دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

**Fig. 1. Interaction effect of drought stress and different combination of intercropping on grain yield of pea (A) and faba bean (B)**

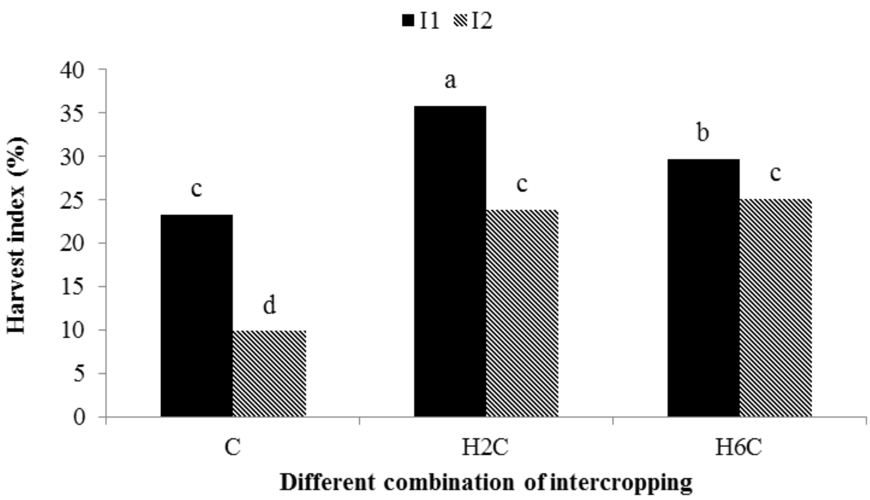
I1: Full irrigation, I2: Drought stress at milk development of barley grain. C, V. H2C, H6C, H2V and H6V were chickpea and faba bean sole cropping. Nimrooz barley + chickpea, Zehak barley + chickpea, Nimrooz barley + faba bean, and Zehak barley + faba bean intercropping, respectively

Means with similar letters have not significant difference (LSD’ s test, P≤0.05).

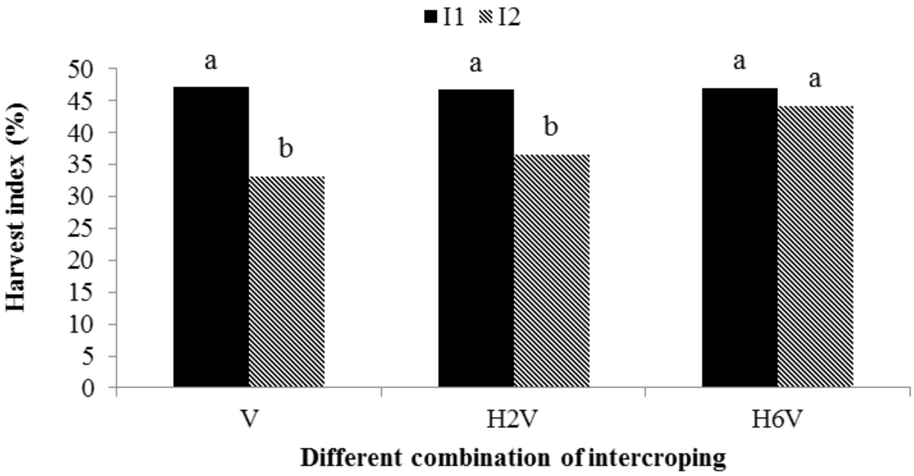
**شاخص برداشت**

نتایج تجزیه واریانس شاخص برداشت در گیاه نخود و باقلا نشان داد که تنش خشکی و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط دارای اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت نخود و باقلا بود (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت گیاه نخود به‌ترتیب در کشت مخلوط جو نیمروز+نخود در شرایط آبیاری مطلوب با ۳۵/۸ و جو زهک+نخود در شرایط تنش خشکی با ۲۵/۱درصد به‌دست آمد (شکل۲- الف). بیشترین شاخص برداشت باقلا نیز در شرایط آبیاری مطلوب در کشت خالص باقلا با ۴۷/۱درصد و در شرایط تنش خشکی در کشت مخلوط جو زهک+باقلا با ۴۴/۲درصد به‌دست آمد (شکل ۲- ب).

(الف) (A)




(ب) (B)




**شکل ۲- برهمکنش تنش خشکی و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر شاخص برداشت نخود (الف) و باقلا (ب)**

I1: آبیاری مطلوب، I2: تنش خشکی در مرحله شیری‌شدن دانه جو. C، V، H2C، H6C ، H2V و H6V به‌ترتیب کشت خالص نخود و باقلا کشت مخلوط جو نیمروز+نخود، جو زهک+نخود، کشت مخلوط جو نیمروز+باقلا و جو زهک+باقلا.

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵درصد، دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

**Fig. 2. Interaction effect of drought stress and different combination of intercropping on harvest index of pea (A) and faba bean (B)**
I1: Full irrigation, I2: Drought stress at milk development of barley grain. C, V, H2C, H6C, H2V and H6V were chickpea and faba bean sole cropping. Nimrooz barley + chickpea, Zehak barley + chickpea, Nimrooz barley + faba bean, and Zehak barley + faba bean intercropping, respectively
Means with similar letters have not significant difference (LSD’ s test, P≤0.05).

تنش خشکی انتهای فصل باعث کاهش معنی‌دار شاخص برداشت گیاه نخود و باقلا در تمامی تیمارها شد، به‌طوری‌که بیشترین کاهش در کشت خالص نخود و باقلا به‌ترتیب با ۵۷ و ۳۰درصد و کمترین کاهش به‌ترتیب در تیمارهای جو زهک+نخود و جو زهک+باقلا به‌ترتیب با ۱۵/۵ و ۶درصد مشاهده شد. شاخص برداشت نشان‌دهنده سهم مواد فتوسنتزی در پُرکردن دانه است و رابطه مستقیمی با عملکرد دانه دارد (Ficher, 1999; Emam, 2007). اگرچه بیشترین عملکرد دانه و عملکرد زیستی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در کشت خالص نخود و باقلا به‌دست آمد (شکل ۱- الف و ب)، اما کاهش ۵۶ و ۴۴درصدی عملکرد دانه در کشت خالص نخود و باقلا در شرایط تنش خشکی باعث شد تا بیشترین میزان کاهش شاخص برداشت در این تیمارها مشاهده شود. El-Sherif & Ali (2015) در آزمایش دوساله‌ای که بر روی

کشت مخلوط ذرت و سویا تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری انجام داده بودند، به این نتیجه رسیدند که شاخص برداشت سویا در دو سال آزمایش در تمام رژیم‌های آبیاری در تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص‌ها بود.

**نسبت برابری زمین (LER)**

نتایج تجزیه واریانس نسبت برابری زمین نشان داد که برهمکنش تنش خشکی و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر نسبت برابری زمین حبوبات و کل داشت و نسبت برابری زمین ارقام جو تنها تحت تأثیر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط قرار گرفت (جدول ۶). بیشترین میزان LER ارقام جو در تیمارهای جو نیمروز+باقلا، جو زهک+نخود در شرایط آبیاری مطلوب و جو زهک+نخود در شرایط تنش خشکی به میزان ۰/۵۷ به‌دست آمد و بیشترین نسبت برابری زمین حبوبات و مجموع در کشت مخلوط جو زهک+نخود در شرایط تنش خشکی به‌ترتیب به میزان ۰/۸۳ و ۱/۴ به‌دست آمد (جدول ۷). با اعمال تنش خشکی انتهای فصل LER غلات دچار تغییرات چندانی نشد. این در حالی است که میزان LER حبوبات در کشت مخلوط جو نیمروز+نخود، جو زهک+نخود، جو نیمروز+باقلا و جو زهک+باقلا به‌ترتیب ۴۵، ۸۰/۴، ۲۵ و ۱۳/۳درصد نسبت به شرایط آبیاری مطلوب افزایش پیدا کرد. کاهش ۴۴ و ۵۶درصدی عملکرد دانه در کشت خالص باقلا و نخود مهم‌ترین عامل در افزایش میزان نسبت برابری زمین حبوبات در شرایط تنش خشکی بود.

**جدول ۶- تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر نسبت برابری زمین غلات، حبوبات و کل**

**Table 6. Analysis of variance (mean of squares) for drought stress and different combination of intercropping on land equivalent ratio of cereals, legumes and total**

| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی df | میانگین مربعات (ME) نسبت برابری زمین Land equivalent ratio | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $LER_{creals}$ | $LER_{legumes}$ | $LER_{total}$ |
| تکرار Replication | 2 | $0.001^{ns}$ | $0.007^{ns}$ | $0.006^{ns}$ |
| تنش خشکی Drought stress (A) | 1 | $0.003^{ns}$ | $0.21^{**}$ | $0.23^{**}$ |
| خطای آ Error A | 2 | 0.0001 | 0.001 | 0.001 |
| ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط Different combination of intercropping (B) | 3 | $0.006^{**}$ | $0.06^{**}$ | $0.07^{**}$ |
| A×B | 3 | $0.001^{ns}$ | $0.03^{**}$ | $0.03^{**}$ |
| خطای ب Error B | 12 | 0.001 | 0.001 | 0.002 |
| CV (%) | | 6.46 | 5.78 | 3.84 |

ns، * و**: به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱درصد

ns, * & **: non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

**جدول ۷- مقایسه میانگین نسبت برابری زمین غلات، حبوبات و مجموع**

**Table 7. The mean comparisons for land equivalent ratio of cereals, legumes and total**

| رژیم آبیاری Irrigation regimes | ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط Different combination of intercropping | نسبت برابری زمین Land equivalent ratio | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $LER_{cereals}$ | $LER_{legumes}$ | $LER_{total}$ |
| I1 | H2C | 0.49 | 0.51 | 1 |
| | H6C | 0.57 | 0.46 | 1.03 |
| | H2V | 0.57 | 0.40 | 0.97 |
| | H6V | 0.55 | 0.45 | 0.97 |
| I2 | H2C | 0.49 | 0.74 | 1.23 |
| | H6C | 0.57 | 0.83 | 1.4 |
| | H2V | 0.56 | 0.5 | 1.06 |
| | H6V | 0.52 | 0.51 | 1.03 |
| LSD5% | | Ns | 0.06 | 0.08 |

I1: آبیاری مطلوب، I2: تنش خشکی در مرحله شیری‌شدن دانه جو، H2C، H6C، H2V، H6V به‌ترتیب کشت مخلوط جو نیمروز + نخود، جو زهک + نخود، جو نیمروز + باقلا و جو زهک + باقلا

I1: Full irrigation, I2: Drought stress at milk development of barley grain., H2C, H6C, H2V and H6V were Nimrooz barley + chickpea, Zehak barley+ chickpea, Nimrooz barley + faba bean and Zehak barley + faba bean intercropping, respectively.

به‌طورکلی در شرایط تنش خشکی افزایش LER حبوبات باعث افزایش LER مجموع شد و در بین ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط، کشت مخلوط نخود نسبت به کشت مخلوط باقلا برتر بود. Morris & Garrity (1993) در مطالعاتی که بر روی جذب منابع توسط سیستم‌های کشت مخلوط انجام داده بودند، به این نتیجه رسیدند که میزان شاخص LER در شرایط تنش‌زا بیشتر از شرایط بدون تنش بود. Hamzei & seyedi (2013) گزارش کردند که در کشت مخلوط نخود و جو در میان الگوهای مختلف کشت، کشت مخلوط در حالت تداخل علف‌های‌هرز دارای LER بیشتری نسبت به کشت مخلوط عاری از علف‌هرز بود. آنها دلیل این امر را افت شدید عملکرد نخود در کشت خالص نخود در حضور علف‌های‌هرز گزارش کردند.

## نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که کم‌آبیاری انتهای فصل باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه گیاه نخود و همچنین کاهش عملکرد زیستی و عملکرد دانه گیاه باقلا شد. در شرایط تنش خشکی در بین تیمارهای کشت نخود و باقلا بیشترین کاهش عملکرد مربوط به تیمارهای کشت خالص نخود و باقلا به‌ترتیب به میزان ۵۶ و ۴۴درصد بود. محاسبه نسبت برابری زمین نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب، کشت مخلوط مزیتی نسبت به کشت خالص نداشتند. این در حالی است که در شرایط تنش خشکی توانایی جذب آب در گیاه نخود و باقلا افزایش یافت و این گیاهان توانستند نسبت برابری زمین جزئی خود را افزایش داده و در مجموع باعث افزایش نسبت برابری زمین کل در تمامی تیمارهای کشت مخلوط شوند. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت در شرایط آب و هوایی شهرستان داراب که در انتهای فصل رشد با کمبود آب روبه‌رو است، استفاده از سیستم‌های کشت مخلوط نخود و جو به‌خصوص ترکیب گیاه نخود با رقم شش‌ردیفه زهک راه‌حل مناسبی برای تولید عملکرد و ثبات بالاتر این گیاه نسبت به کشت خالص این گیاه می‌باشد. این در حالی است که استفاده از سیستم‌های کشت مخلوط جو و باقلا احتیاج به مطالعه بیشتری برای دستیابی به بهترین تراکم و الگوی کاشت در راستای تولید بیشتر دارد.

## منابع


1. Abdulahi, A., Nasrollahzadeh, S., Dabbagh Mohamadi Nasab, A., Zehtab Salmasi, S., and Pourdad, S.S. 2013. Study on effect of weed interference and nitrogen fertilizer on performance of chickpea in intercropping with wheat. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science. 23: 85-100. (In Persian).
2. Amiri Deh Ahmadi, S.R., Parsa, M., and Ganjeali, A. 2010. The effects of drought stress at different phenology stage on morphological traits and yield components of a chickpea (*Cicer arietinum* L.) under greenhouse conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 301-317. (In Persian with English Summary).
3. Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghase, S.S. 2006. Wheat and Chickpea intercropping systems in additive series experiment: advantages and smothering. Agronomy Journal 24: 324-332.
4. Brooker, R.W., Bennett, A.E., Cong, W., Daniell, T.J., George, T.S., Hallett, D.D., Hawes, C.,. Lanneta, P.P.M., Jones, H.G., Karley, A.J., Li, L., McKenzie, B.M., Pakeman, R.J., Paterson, E., Schob, C., Shen, J., Squire, G., Watson, C.A., Zhang, C., Zhang, F., Zhang, J., and White, P.J. 2015. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. New Phytologist 206: 107-117.
5. Daneshnia, F., Amini, A., and Chaichi, M.R. 2015. Surfactant effect on forage yield and water use efficiency for berseem clover and basil in intercropping and limited irrigation treatments. Agricultural Water Management 160: 57-63.
6. Dhima, K.V., Lithorgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrop in two seeding ratio. Field Crops Research 100: 249-256.
7. Diallo, A.T., Samb, P.I., and RoyMacauley, H. 2001. Water status and stomatal behaviour of cowpea, *Vigna unguicalata* (L.) Walp plants inoculated with two Glomus species at low soil moisture levels. European Journal of soil Biology 37: 187-196.
8. El-Sherif, A., and Ali, M.M. 2015. Effect of deficit irrigation and soybean/maize intercropping on yield and water use efficiency. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 44: 777-794.
9. Emam, Y. 2007. Cereal Production. 3rd Edition. Shiraz University Press. Shiraz. Pp:190. (In Persian).

10. Fischer, R.A. 1999. Irrigated spring wheat and timing and amount of nitrogen fertilizer. Field Crops Research 33: 57-80.
11. Foulkes, M.J., and Sylvester-Bradley, S.R. 2002. The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions: formation of grain yield. Journal of Agricultural Science 138: 153-169.
12. Ganjali, A., and Nezami, A. 2008. Ecophysiology and Yield Barriers in Pulse Crops. In: M. Parsa and A. Bagheri (Eds.). Pulses. Jehad University of Mashhad Publisher. pp: 522. (In Persian).
13. Getachew, A., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian high lands. European Journal of Agronomy 25: 202-207.
14. Gholinezhad, E., and Rezaei-Chiyaneh, E. 2014. Evaluation of grain yield and quality of black cuimin (*Neglla sativa* L.) in intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Crop Science 16: 236-249. (In Persian with English Summary).
15. Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut-cereal fodder intercropping system in the semi-arid tropics of India. Field Crops Research 88: 227-237.
16. Gregory, P.J., Simmonds, L.P., and Pilbeam, C.J. 2000. Soil type, climatic regime and the response of water use efficiency to crop management. Agronomy Journal 928: 14-820.
17. Hamzei, J., Seyedi, M., Ahmadvand, G., and Abutalebian, M.A. 2012. The effect of additive intercropping on weed suppression, yield and yield components of chickpea and barley. Journal of Crop Production and Processing 2: 43-56. (In Persian).
18. Hamzei, J., and Seyedi, M. 2013. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) intercropping systems using advantageous indices of interference conditions. Journal of Agriculture Science 6: 1-12. (In Persian with English Summary).
19. Hamzei, J., and Seyedi, M. 2014. Study of canopy growth indices in mono and intercropping of chickpea and barley under weed competition. Journal of Sustainable Agriculture and Production 24: 75-90. (In Persian).
20. Javanmard, A., Dabbagh Mohamadi Nasab, A., Javanshir, A., Moghaddam, M., and Janmohammadi, H. 2009. Forage yield and quality in intercropping of maze with different legumes as double-cropped. Journal of Food Agriculture and Environment 7: 163-166.
21. Javanshir, A., DabbaghMohammadiNasab, A., Hamidi, A., and Gholipour, M. 2000. Ecology of Intercropping. Jehad University of Mashhad Publisher. pp. 217. (In Persian).
22. Jenani Oskoii, F., Nasrollahzadeh, S., and Shakiba, M.R. 2015. Effect of different intercropping patterns on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). Biological Forume-An International Journal 7: 854-858.
23. Koocheki, A., Hosseini, M., and Nassirri Mahallati, M. 1997. Crop Water Relations. Jehad University of Mashhad Publisher. pp: 558. (In Persian).
24. Lithourgidis, A.S., Dhima, K.V., Vasilakouglou, I.B., Dordas, C.A., and Yiakoulaki, M.D. 2007. Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. Agronomy for Sustainable Development 27: 95-99.
25. Mazaheri, D. 1998. Intercropping. University of Tehran Press (Second Edition). Pp: 262. (In Persian).
26. Morris, R.A., and Garrity, D.P. 1993. Resource capture and utilization in intercropping: water. Field Crops Research 34: 303-317.
27. Rezvani Moghadam, P., and Moradi, R. 2013. Evaluating of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield essence quantity of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Iranian Journal of Field Crop Science. 43: 217-230. (In Persian with English Summary).
28. Saman, M., Sepehri, A., Ahmadvand, G., and Sabaghpour, H. 2010. The effect of terminal drought on yield and yield components of five chickpea genotypes. Journal of Crop Science 41: 259-269. (In Persian).
29. Tesfaye, K., Walker, S., and Tsubo, M. 2006. Radiation interception and radiation use effiiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. European Journal of Agronomy 25: 60-70.
30. Tsubo, M., Mukhala, E., Ogindo, H.O., and Walker, S. 2003. Productivity of maize- bean intercropping in a semi-arid region of south Africa. Available on website http://www.wrc.org.za
31. Ullah, A., Bakht, J., Shafi, M., and Islam, W.A. 2002. Effect of various irrigation levels on different chickpea varieties. Asian Journal of Plant Science 4: 355-357.
32. Undie, U.L., Uwah D.F., and Attoe, E.E. 2012. Effect of intercropping and crop arrangment on yield and productivity of late season maize/soybean mixtures in the humid environment of south southern Nigeria. Journal of Agriculture Science 4: 37-50.

33. Vasilakouglou, I., Dhima, K., Lithorgidis, A., and Eleftherohorinos, I. 2008. Competitive ability of winter cereal common vetch intercrops against sterile oat. Experimental Agriculture 44: 509-520.
34. Wang, Z., Jin, X., Bao, X., Zhao, J., Sun, J., Christie, P., and L. LI. 2014. Intercropping enhances productivity and maintains the most soil fertility properties relative to sole cropping. PLoS One. 9: e113984.
35. Zhu, J.K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annual Reviews Plant Biology. 53: 247-316.

**Iranian Journal of Pulses Research**
**Vol. 9, No. 1, 2018, p. 177-191**

# Effect of late season drought stress and different combination of intercropping with barley on yield and yield components of chickpea and faba bean

**Niksirat[1], S.H., Bijanzadeh[2*], E. & Naderi[2], R.**

1. MSc. Student, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University
2. Associate Professor, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University

Received: 24 May 2016
Accepted: 26 December 2016

DOI: 10.22067/ijpr.v9i1.56037

## Introduction

A growing interest in intercropping systems has been initiated in developed countries due to the increasing awareness of environmental degradation arising from the heavy use of non-renewable resources such as water. Cereal-legume intercropping are common in natural ecosystems, but now are rarely used in developed countries, except for certain intercropping systems used for animal feed. A renewed interest in intercropping and particularly in intercropping of cereals with legumes has risen again lately. Intercropping can use the available environmental resources more efficiently and thus result in higher yields than monocropping. The reasons for the higher yield in such systems is that the intercropped species do not compete for exactly the same growth resource niche and thereby tend to use the available resources in a complementary way. Izaurralde *et al,* (1990) used chickpea intercropped with barley in different planting densities and found that grain, straw, and dry matter yields of the mixtures increased with increasing chickpea planting density. With respect to drought stress in late season of Sothern Iran because of cutting off rainfall in this area, and the importance of intercropping to reach stability and sustainability in production, the aim of this study was to assess the changes in yield and yield components of chickpea and faba bean intercropped with barley under late season drought stress.

## Material & Methods

To evaluate the yield and yield components of intercropping chickpea and faba bean with barley cultivars under different irrigation regimes, a field experiment was conducted at College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University during 2014 growing season. Treatments were included two levels of irrigation regimes (full irrigation and cutting off irrigation at milk development of barley) and 8 cropping treatments consisted of monoculture of Nimroz tow-rowed barley, Zehak six-rowed barley, pea and faba bean and intercropping of Nimroz+pea, Nimroz+faba bean, Zehak+pea and Zehak+faba bean with a ratio of 1:1 which laid out as split plot arrangement in randomized complete block design with three replicates. At crop maturity, plants were hand harvested to measure yield and biological yield and yield components including number of pods/plant, number of seed/plant, and 100-kernel weight. Also, land equivalent ratio (LER) was calculated. LER is the most popular index for expressing the yield advantage of intercropping systems and defined as the relative land area that is required for monocrops to produce the same yields as intercrops. Finally, analysis of variance (ANOWA) was performed using MSTATC ver. 2.1 software (1991) and the means compared by LSD test at 5% probability level.

## Results & Discussion

Analysis of variance showed that main effects of irrigation regime and cropping treatments had significant effect on number of pods/plant in chickpea while these treatments had no significant effect on number of pods/plant of faba bean. Under drought stress, number of seeds/plant, 100-kernel weight, grain yield of pea decreased 40, 16, and 57% while in faba bean decreased 32, 18, and 40%, respectively.

*Corresponding Author: bijanzd@shirazu.ac.ir

Interaction effect of irrigation regime and cropping treatment had significant effect on grain yield and harvest index of chickpea and faba bean while this interaction effect had no significant effect on biological yield of two legumes. In chickpea, the highest biological yield (9916 kg/ha) and grain yield (1630 kg/ha) were obtained in monoculture of chickpea and the highest 100-seed weight (25.5 g) and harvest index (%29.85) were obtained in Nimroz+pea intercropping. Also, in faba bean, the highest biological yield (11960 kg/ha) and grain yield (5175 kg/ha) were observed in monoculture of faba bean. Maximum harvest index (%45.58) was obtained in Zehak+faba bean intercropping. Interaction effect of irrigation regime and cropping treatment had significant effect on $LER_{legumes}$ and $LER_{total.}$ Under drought stress, LER in legumes in all of the intercropping treatments increased from 13 to 80%. Likewise, the highest $LER_{cereals}$ (0.57), $LER_{legumes}$ (0.83), and $LER_{total}$ (1.4) was obtained in Zehak+pea intercropping.

**Conclusion**

It is concluded that intercropping of six-rowed Zehak barley cultivar with pea was advantageous system of each legumes in monoculture especially under drought stress condition because of better land use efficiency than sole cropping and the other mixtures. This intercropping system can be adopted by farmers for maximization of yield especially under late season drought stress in Southern Iran.

**Key words:** Biological yield, Cutting off irrigation, Land equivalent ratio, Six-rowed barley